台灣產綠蘆筍之冷凍與製罐

II 綠蘆筍之冷凍加工

Freezing and Canning of Green Asparagus Grown in Taiwan

II Freezing of Green Asparagus

鍾忠勇、吳碧鑾、孫慶方

by

C. Y. Chung, B. K. Wu, C. F. Sun

摘　　要

為了解省產綠蘆筍採收後之品質變化及凍藏中綠蘆筍之品質限制因子的變化，對於冷凍蘆筍品質之影響，同時為尋求適當的冷凍加工條件而進行此一實驗。實驗結果發現冷凍品的水份，維他命丙、酒精不溶物（AIS）、葉綠素及截切壓力值（Shear press value）均受了原料的影響。凍藏中維他命丙、葉綠素略見減少，AIS則略有增加，以選取樣品5支，在離筍尖4吋處截切所得截切壓力以樣品重量除得之商（磅/克）很有可能當作冷凍筍芽粗嫩度之指標。氯水洗滌有降低原料蘆筍微生物含量的效果，可使原料蘆筍的總生菌數，Coliform及E. coli 等的含量降低，但Spore count 則未見降低。過氧化酵素（Peroxidase）陰性化為冷凍綠蘆筍殺菁必守之條件，因有過氧化酵素存在者其凍結成品在−20°C凍藏1個月後即有不良臭味發生，而不適於冷凍綠蘆筍殺菁之用。在77°C、5分、9分，87°C、3分、5分，97°C、1分、3分、5分的熱水及蒸汽殺菁中獲知97°C、3分或87°C、5分以上的蒸汽及熱水殺菁，可使過氧化酵素不活性化，而其凍結成品在−20°C 凍藏6個月後尚維持良好的品質，就品質而言，以高溫殺菁較低溫為佳，又在同一溫度以熱水殺菁較蒸汽殺菁為佳，因其成品的色澤較佳，而重量的損失較少。在包裝試驗中知道了台灣最常用於食品包裝的聚乙烯袋（PE）及保麗袋（PCC）尚適合於冷凍綠蘆筍的包裝之用，凍結成品經用該二種材料包裝，外用硬紙箱密封凍藏於−20°C 6 個月後沒有失重及脫水的不良現象發生。作液態氮浸漬（LNF），個別快速凍結（IQF），送風式凍結（AF），及接觸式凍結（CF） 等四種不同的凍結方法之比較試驗，除了測定主要成份之變化及凍結速度外，並作斷面之顯微鏡觀察。結果獲知LNF 凍結者其組織外觀最接近生鮮原料，解凍後流出液最少，細胞受破壞的情形亦最少，其次為IQF，再其次為AF，而以CF之凍結成品品質最差。

前　　言

冷凍綠蘆筍是政府在食品工業上認為最具有外銷前途之新產品之一，可大量銷到美國以應該國市場之需要。在政府積極推動及協助之下，今年已在本省中、南部地區正式推廣栽種，準備發展外銷。綠色程度（Greenness），粗嫩度（Toughness）以及風味（Flavor） 為決定綠蘆筍原料及冷凍品質之最重要因素（Schmitt,1954；Wilder and Samuels, 1954；Kramer,1954），這三個問題，也就是台灣綠蘆筍業者最關心的問題。Kramer 氏等（1949）曾指出綠蘆筍的綠色程度可以用其中所含的葉綠素的量來代表，其可靠性與官能判定的結果極相吻合。該氏等（1960）同時指出利用截剪器（Shear press）來測定綠蘆筍所受的截剪壓力（Shear force）可以代替繁雜的化學分析法而間接表示出成品的纖維含量，同時也可以

本文原載於食品工業發展研究所研究報告第十號。

表示出成品的粗嫩度。Lee（1943）則指出綠蘆筍的酒精不溶性物質（簡稱AIS）在貯藏中會漸次減少，亦可當作決定冷凍粗嫩度之因子。維他命丙爲決定綠蘆筍鮮度之可靠因子（Kramer et al, 1949），同時也可以當作決定冷凍品品質之指標（Tressler, 1968），外國尤其是美國對綠蘆筍的加工及其品質變化，早已作過相當徹底的研究，有很多資料可資參考。本試驗的目的並不是在追溯重複別人的試驗，而是在配合發展新產品的需要。以上述限制品質因素之因子作爲判定品質之依據，分析探討在台灣生長的綠蘆筍經冷凍加工後品質之變化情形，藉以了解省產綠蘆筍冷凍加工之適應性，作爲今後發展外銷及冷凍加工之參考。

實驗材料及方法

(1)材料：本試驗所使用的綠蘆筍的品種、生產地區及季節如本報告第一報所示，所有供冷凍試驗用原料均選用大、中級者。

(2)一般冷凍加工方法：綠蘆筍運抵實驗室後，立即切成5吋長度，在水槽中洗滌去除污物砂泥後，再用水加壓（水壓2公斤/平方糎米）冲洗，經選別後利用蒸汽在97°C殺菁3分鐘後，急速用冷水冷却後滴乾、排盤、利用送風式凍結法凍結（−40°C），凍結完畢後每10盎司（oz）爲單位，封入0.06毫米厚的保麗袋（polycello bay）中，再以每15袋（150盎司）爲單位置於外銷用硬紙箱中，外用膠紙封密凍藏於−20°C。

(3)不同殺菁試驗方法：綠蘆筍（大）經用上述方法修整、洗滌、滴乾、稱重後，分別利用 77°C、87°C、97°C 的蒸汽或熱水殺菁，殺菁後急速冷却，再如同上述方法，凍結包裝，冷藏於−20°C。

(4)不同凍結方法及冷凍曲線之測定：相同大小之綠蘆筍經修整、洗滌、利用97°C、3分鐘蒸汽殺菁後，分別用液態氮浸漬凍結法，送風式凍結法，個別快速凍結法及接觸式凍結法施行凍結，前三者凍結完畢後再用0.06毫米厚的保麗袋包裝，外加硬紙箱密封後凍藏於−20°C，後者則在凍結前先將綠蘆筍收入0.06毫米厚的保麗袋，外用10盎司裝的防水臘紙盒包裝後再施行凍結，凍藏於−20°C。冷凍曲線之測定，是利用TEC type的Electric Precison Thermometer所附之TC KN_1插針，插入同大小之綠蘆筍的中心部，每次測定4點，取平均值而劃出冷凍曲線。

(5)冷凍後綠蘆筍細胞組織之切片試驗：綠蘆筍經利用93°C、3分鐘的蒸汽殺菁冷却後，先利用刮鬍薄刀片在一定部位（由筍尖算起4至5.5公分之間）切取蘆筍約1.5公分，再利用上述四種不同方法施行凍結，經包裝後凍藏於−20°C，以供組織切片之用。上述凍結後及在−20°C凍藏一個月之樣品取出後立即將其置於Litz Small Laboratory Microtome Type 1213C的Freezing Stage上（預先滴入數滴水滴，使樣品容易固着在其上），然後右手食指輕壓在樣品上面，左手打開氣閥使液態二氧化碳氣化而使樣品在原凍結狀態，固着在Freezing Stage 上面，再用冷凍切片刀切取中間部位之薄片，薄片厚度爲40μ，切落之薄片利用毛筆尖將其移入盛有5%酒精溶液的巴士德器皿中（petri dish），再用毛筆尖將此薄片移入另一盛有清水的巴士德器皿中洗除過剩酒精後，將優良薄片用毛筆尖移入玻璃片上，風乾後在顯微鏡下利用32倍的倍率觀測，攝取照片。另外切取同一部位的未經任何殺菁及冷凍處理的生綠蘆筍，用同法切取薄片，以供對照之用。

(6)不同包裝試驗：綠蘆筍經用第(2)項所示方法，洗滌、殺菁、凍結完畢後，稱取400克分別將其置於18×29公分，0.06 毫米厚的聚乙烯袋及保麗袋經封密後，每8袋爲單位，將其置於外銷用硬紙箱中，外用膠紙封牢，凍藏於−20°C以供試驗。

(7)不同洗滌方法試驗及微生物含量測定法：由新港地區運抵新竹之綠蘆筍到達實驗室後，立即用下列方法冲洗。1.用清水充份攪拌，洗滌10分鐘後，再用加壓水冲洗（水壓2公斤/平方糎米），2.在沙拉脫洗潔劑的溶液中充份攪拌洗滌10分鐘後，再用加壓水冲洗（水壓2公斤/平方糎米），3.在5 ppm氯水溶液中浸漬一小時後，再用5 ppm的氯水冲洗，4. 20 ppm的氯水溶液中浸漬一小時後，再用20 ppm的氯水冲洗。這些不同洗滌方法之原料，一部份供微生物含量測定之用，其他部份則置於預洗用蒸汽處理過的輸送

帶上，利用93°C、3分鐘殺菁後，冷却，一部份供微生物含量測定之用，其他部份則將其封入0.06毫米厚的保麗袋中，再用送風式凍結法凍結，凍藏於−20°C。微生物含量之測定方法如下所示：1. Total count：利用Surface plate method培養24小時，2. Spore count：樣品利用100°C加熱20分鐘後，利用Surface plate count培養24小時，3. Coliform：利用MacConkey Broth培養24小時，4. *E. coli*：如樣品爲Coliform positive時再於Brilliant Green Lactose Broth（BGLB），Peptone water在44.5±0.5°C培養24小時，以BGLB產生氣體，Peptone產生Indol爲*E. coli* positive.

(8)影響品質因子的測定方法：

1. 重量、水份、酒精不溶物、截剪壓力、葉綠素以及維他命丙的測定方法如第一報所示。
2. 過氧化酵素活性的定性：依Wilder（1954）所述方法測定。
3. 解凍後流出液（Drip）的測定方法：利用Microwave oven使蘆筍半解凍後，再將其置於2 mesh的金屬網上讓其完全解凍，解凍前與解凍後重量之差的百分率，爲流出液的百分率。
4. 官能評品試驗：就解凍後之樣品，由本所研究人員4名，按Hedonic Scale記分評品，即10—9分爲Fancy，8-7分爲Extra standard，6-4 Standard，3-1 Substandard.

結果與討論

(1)原料成分對於冷凍綠蘆筍品質之影響：

不同採收時間以及採收後不同貯藏條件，不同處理方式對原料蘆筍品質之影響，在本報告第一報中已詳加論及。本段僅就這些條件下的原料，以實驗方法中第(2)項所示方法冷凍，在−20°C 凍藏一個月後比較討論不同條件之原料對於冷凍品品質之影響。經不同處理原料以同一方法冷凍前後之成分品質之變化測定結果如表1所示。

1. 水分之變化：冷凍食品水分之變化直接影響成品重量及品質，依照冷凍綠蘆筍水分經凍結後由原來的91.8%增爲92.8%。似有點反常，其眞正原因不得而知。原料與成品間水分之相關係數爲0.582（$P<0.05$），故兩者間似有點關係。

2. 維他命丙的變化：維他命丙是植物性食品重要營養分之一，它易受加工過程中熱處理的影響所破壞，即使在凍結點以下的溫度凍藏亦會隨凍藏時間之增加而逐漸減少，因此往往被認爲可當作鑑定冷凍食品品質的指標（Tressler 1968）。凍結後凍藏於−20°C 1個月冷凍綠蘆筍的維他命丙含量與冷凍前原料的維他命丙含量對照列於表1第3欄。經冷凍後平均由原來的26.3mg/100g減爲25.9mg/100g降幅非常的少，可以說由於殺菁凍結的損失不顯著（$t_0=0.24$）。但原料與成品間維他命丙含量之相關係數達0.657，冷凍成品之維他命丙含量與原料中的含量有關係，會受原料中原來維他命丙含量之影響。但其成品含量之多寡與風味似無直接關係，因不關其含量多少，表中風味評分均爲8，Kramer（1948）也曾經指出維他命丙雖可當作原料蘆筍鮮度之良好的指標，但並不與冷凍品的風味或其他特性有任何關係存在。

3. 組織的變化：綠蘆筍的組織粗嫩度是決定品質重要因素之一。Lee（1943）認爲原料及冷凍綠蘆筍之粗嫩度可以酒精不溶性固形物含量多寡辨別，但Kramer一派（Kramer, 1949, Wiley et al., 1956; Werner & Meschter, 1963）則主張用截壓力代表之。由表1資料統計結果原料與成品間酒精不溶性固形物含量之相關係數爲0.527，截壓力爲0.654，可以說兩者在成品與原料間都有關聯，但成品組織之評分與酒精不溶性固形物含量及截壓值之相關係數各爲−0.455及−0.866，截壓力與評分之相關值很高，幾可以截壓力當作冷凍蘆筍粗嫩度之指標。冷凍品之酒精。不溶性固形物及截壓值平均均比原料的高，前者由3.98%增爲4.28%，而後者由1.60 lb/g增爲1.93 lb/g。其增加原因不太明瞭，或許由於冷凍後許多筍莖中之導管硬化所致。Lee以酒精不溶性固形物含量較多者爲品質較佳（應有4.05%以上……Extra standard），但Kramer等認爲纖維之粗化將使該值增加而不可靠。表1的結果與Lee 的結果不相符，因如果以酒精含量較多者爲佳，其與評分應有正相關，但我們的結果且相反，仍還是以截壓值作爲指標較爲合理。由表1又可知組織評分5以下者概來自較遲（12小時或16小時後）移入冷藏庫貯藏原料，自採

表1　冷凍冷藏中綠蘆筍的品質變化（在－20°C冷藏1個月）

Table 1. Quality Changes of frozen green asparagus under frozen storage at -20°C for 1 month.

樣品區分 Lot No.	水　分（%） moisture (%)		維他命丙(mg/100g) Vitamin C (mg/100 g)		酒精不溶物（%） AIS (%)		截切壓力（磅/克） Shear force (lb/g)		葉綠素（ppm） Chlorophyll (ppm)		冷凍品評點數 Organoleptic ratings for frozen products		
	生原料 Raw materials	冷凍品 Frozen products	生原料 Raw materials	冷凍品 Frozen products	生原料 Raw materials	冷凍品 Frozen products	生原料 Raw materials	冷凍品 Frozen products	生原料 Raw materials	冷凍品 Frozen products	組織 Texture	顏色 Color	風味 Flavor
B_{16}	92.1	92.9	26.8	25.5	3.92	4.24	1.42	1.05	158	160	9	8	8
C_{16}	90.7	92.2	30.8	34.0	4.68	4.68	1.38	1.28	164	163	6	8.5	8
D_{16}	91.2	92.6	30.9	31.5	4.36	4.36	1.63	1.98	165	170	6	8	8
E_{16}	92.6	92.7	22.3	29.0	3.82	3.80	1.35	1.85	150	163	6	7.5	8
F_{16}	93.0	93.3	25.2	28.7	3.86	4.36	1.63	1.98	155	152	6	7.5	8
A_{24}	93.0	93.7	25.4	24.6	4.00	4.08	1.34	1.84	165	154	8	8	8
B_{24}	92.5	93.9	25.2	26.5	3.74	4.20	1.43	1.85	162	153	8	8	8
C_{24}	90.8	93.1	30.0	30.5	4.20	4.08	1.76	2.20	170	161	5	7.5	8
D_{24}	91.3	92.9	29.8	26.5	4.41	4.76	1.95	2.11	170	165	5	8	8
E_{24}	91.8	92.7	22.0	24.5	3.70	4.44	1.84	2.20	164	160	5	7	8
F_{24}	93.2	93.8	24.2	24.5	3.68	4.16	1.43	2.18	143	148	5	7	8
A_{48}	92.5	92.1	21.5	17.0	3.64	4.04	1.55	1.95	160	154	7	7	8
B_{48}	93.2	93.5	23.8	21.7	3.73	4.24	1.42	1.95	158	148	7	7	8
C_{48}	90.4	92.0	29.1	25.5	4.15	4.92	2.39	2.28	180	160	4	7	8
D_{48}	92.3	92.8	25.4	20.5	4.35	4.64	1.90	2.75	157	163	4	6	8
E_{48}	91.9	93.1	21.8	21.7	3.70	4.36	1.76	2.75	153	148	3	6	8
F_{48}	91.9	93.9	23.0	19.2	3.71	4.08	1.81	2.63	155	147	4	6	8
7.a.m.	91.5	92.3	23.6	29.8	4.02	3.96	1.38	1.30	129	138	8	6	8
10.a.m.	91.9	92.2	27.8	26.3	4.04	4.01	1.28	1.30	150	146	8	7	8

續表一

3.p.m.	91.6	91.6	33.6	35.4	3.91	4.28	1.37	1.47	167	158	8	8.5	8
6.p.m.	91.4	91.8	29.3	22.0	4.01	4.13	1.67	1.58	165	165	7	8.5	8
平均 Average	91.9	92.8	26.3	29.9	3.98	4.28	1.60	1.93	159	156	6.145	7.381	8

備註：(1)A：原料蘆筍採收後立即浸在井水中1小時，撈起放在室溫4小時後移入冷藏室（2°C，R.H 90%）

B：原料蘆筍採收後立即浸在5°C的冰水中1小時，撈起放在室溫8小時後移入冷藏室。

C，D：原料蘆筍採收後，稍經水洗，放置在室溫8小時後移入冷藏室（C），D則係在8小時後浸入5°C的冰水中1小時，撈起，由採收算起12小時後移入冷藏室。

E，F：原料蘆筍採收後，稍經水洗，放入木箱（E），或放入箱底有濕海棉外用濕布包被的木箱中（F），由採收算起16小時後移入冷藏室。

7.a.m.，10.a.m.，3.p.m.，6.p.m：各表示在早上7點，10點及下午3點，6點採收綠蘆筍。

(2)脚註數字表示由採收到加工的貯藏時間（小時）。

(1)A : Harvested asparagus was immediately dipped into water for 1 hr., then kept at ambient temperature for 4 hrs., then stored at 2°C, R.H. 90% room.

B : Harvested asparagus was immediately dipped into 5°C water for 1 hr., then kept at ambient temperature for 8 hrs., then stored at 2°C, R.H. 90% room.

C : Asparagus, which was harvested, washed, and kept at ambient temperature for 8 hrs., then stored at 2°C, R.H 90% room.

D : Asparagus, which was harvested, washed and kept at ambient temperature for 8 hrs., dipped into 5°C water for 1 hr. kept for 4 hrs. at ambient temperature (12 hrs. from time of harvest), then stored at 2°C, R.H 90% room.

E : Asparagus, which was harvested, washed, and kept at ambient temperature for 16 hrs., then stored at 2°C. R.H 90% room.

F : Same as in (E) except that the washed asparagus was placed on moist sheet of sponge, then covered with a wet cheese cloth.

The 7.a.m., 10.a.m., 3.p.m., 6.p.m., represent the times at which asparagus harvested during the day.

(2)Foot note indicate the time (hr) how long the raw asparagus being stored from harvesting to processing.

收時算經過 24 小時以上者。其成品之截壓值也均在 2.00 lb/g 以上，故似以我們的方法可以代替 Kramer
等需要較多樣品之方法，而以 2.00 lb/g 作爲可接受品質之界線。由於其相關係數雖未超過 0.9 但已極爲
接近，似值得更進一步進行試驗。

4. 顏色的變化：顏色又是決定綠蘆筍品質的重要因素之一，但規格上沒有客觀的指標。Kramer(1949)
建議以葉綠素含量作爲原料及冷凍綠蘆筍顏色判斷之依據。由表一可知冷凍綠蘆筍葉綠素含量平均比原料
稍低，由 159 ppm 減爲 156 ppm，雖然兩者間不能認爲有意義之差（ t＝1.03 ）但有減少之趨勢。原料與
成品間葉綠素含量之相關係數爲 0.695 ，成品之葉綠素含量之高低與原料有關，而成品葉綠素含量與顏色
評分又有相當的正相關（ r ＝ 0.650 ），雖然不夠高到可以做爲指標，但兩者間是有關聯的。即，原料中
葉綠素含量的多寡會直接反映到冷凍成品外觀的顏色。

(2)不同洗滌方法對綠蘆筍及其冷凍品微生物含量之影響：

冷凍食品在衛生上的要求極爲嚴格，因此如何減少冷凍食品中微生物的含量爲冷凍食品不可忽視的重
要問題。減少微生物含量的方法，最通常的是利用含有氯的清水洗滌。氯水洗滌對降低綠蘆筍微生物含量
的效果如表 2 所示。由表中可知生原料利用 20 ppm的氯水浸漬冲洗時的效果最佳，可使總生菌數，Coli-
form及E. Coli 各由原來的 25 × 10⁶ ，110 及 110 各降爲 10,000 ，2.3 及 2.3 ，利用 5 ppm 的氯水浸
漬冲洗，雖沒有 20 ppm 氯水的效果大，但亦均可使總生菌數，Coliform 及 E. Coli 等的含量降低，利用
清水及沙拉脫洗潔劑洗滌時並沒有顯著的良好效果，這種不同的洗滌方法對綠蘆筍的 Spore count 並沒有
降低其含量的效果。這些經不同方法洗滌之綠蘆筍經 97°C、3 分鐘殺菁後其總生菌數，Coliform 及 E.
Coli 均大爲降低，至於冷凍後部份樣品的總生菌數再度增加之原因，可能係由於蒸汽殺菁後冷却時再度
被污染所致，這點 Haynes(1948)對冷凍青豌豆的微生物的實驗也有同樣的結果。又利用氯水洗滌後之綠
蘆筍經殺菁、冷却後並沒有氯的臭味存在於冷凍品上。從以上的簡單實驗可知用清水冲洗及氯水洗滌均可
使生原料的微生物含量降低，因此可以推測用清水冲洗，再用 20 ppm 左右的氯水洗滌，也許可以使微生
物含量更爲降低。

(3)不同殺菁方法對冷凍綠蘆筍品質之影響：

殺菁（ Blanching ）爲冷凍蔬菜及水菓在加工過程中最重要的一個階段，因爲絕大多數的植物性食品
在其中均含有 Peroxidase，Catalase 等的酵素（ Zoueil and Esselen 1959 ），如果不利用殺菁方法將其
中所含的酵素破壞使其不活性化，則在凍藏中將促使成品風味及顏色的變化（ Joslyn 1966 ）。殺菁除了
可以使酵素不活性化外，同時會影響成品的顏色及組織（ Lee,1958；purr 1966 ），亦可降低微生物含量
（ Wolford et al，1965 ）。如果殺菁不足（ Under Blanching ）則所成品品質甚或較不殺菁者爲差，但是
如果過度殺菁（ Over Blanching ）不但對成品的色、香、味均有不良影響，同時亦浪費了不必要的加工費
用（ Moyer et al.1952 ；Sistrunk and Cain 1960；Woodroof et al.1962；Van Buren et al.1964 ；Mu-
ndt and McCarty 1960 ）以及更多的重量損失，因此如何選擇最適當的殺菁條件爲冷凍蔬果類在加工過
程中的先決條件。根據 Wilder and Samuels(1964) 及 Kramer(1964) 的報告，綠蘆筍中有 Peroxidase
，Catalase 等酵素存在，如果冷凍品中尚有這些酵素的活性存在，則將影響到成品的風味，根據筆者初步
試驗，利用 Wilder and Samuels(1964) 的方法測定各種不同殺菁綠蘆筍中的 Peroxidase 及 Catalase
時，Catalase 並不能顯出明顯的反應，而 Peroxidase 可作爲測定殺菁適當與否的依據，故選定 Peroxi-
dase 作爲測定酵素活性的依據，而進行各種不同殺菁，期能尋得最適當的殺菁條件，其結果如表 3
所示。

由表 3 的結果可知 77°C、5分、9 分及 87°C、3 分及 97°C、1分的條件下不管用蒸汽或熱水殺菁綠
蘆筍中的 Peroxidase 活性均尚存在，87°C、5 分及 97°C、3 分以上的蒸汽殺菁及熱水殺菁才能使 Pe-
roxidase的活性消失。又蒸汽及熱水殺菁，殺菁後酒精不溶性物質幾乎沒有什麼變動，而截剪壓力並沒有
規則的變化，另外殺菁後重量、維他命丙、葉綠素及酸度等都有減少或降低的現象。重量的損失，葉綠素
及維他命丙的減少大致因溫度之昇高及殺菁時間之增長而增大，而其重量及葉綠素減少的比率以蒸汽殺菁

表 2　不同洗滌方法對綠蘆筍及其冷凍品微生物含量之影響

Table 2. Effect of washings on the microbial load of raw and frozen asparagus

微生物含量 Microbial count	生原料 Raw material	洗滌後 After washing				殺菁後（蒸汽殺菁97°C、3分）After blanching（Steam 97°C 3 Min.）				在－20°C凍藏一個月後 After frozen storage at －20°C for 1 month）			
		W	S	5Cl⁻	20Cl⁻	W	S	5Cl⁻	20Cl⁻	W	S	5Cl⁻	20Cl⁻
Total count (per gram)	25 × 10⁶	250,000	200,000	100,000	10,000	50,000	10,000	5,000	5,000	3,000	2,500	10,000	6,500
Spore count (per gram)	<500	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500	500	500	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500
Coliform (MPN/g)	>110	>110	>110	>110	2.3	>110	4.3	2.3	2.4	2.3	2.3	0	0.73
E. Coli (MPN/g)		110	29	9.3	2.3	29	0	0.36	0.36	0	0	0	0

備註：W：綠蘆筍浸漬在水中 10 分鐘後，再加壓用水噴洗（ 2 公斤/平方糎米 ）

Dipped in water for 10 min. and then sprayed with water（ $2\ kg/cm^2$ ）

S：綠蘆筍浸漬在沙拉脫洗潰劑 10 分鐘後，再加壓用水噴洗（ 2 公斤/平方糎米 ）

Dipped in "SALATO" detergent for 10 min. and then sprayed with water（ $2\ kg/cm^2$ ）

5Cl⁻：綠蘆筍浸漬在 5 ppm氯水中，1 小時後再用 5 ppm氯水冲洗

Dipped in 5 ppm cl⁻ solution for 1 hr. and then washed with 5 ppm chlorine solution.

20Cl⁻：綠蘆筍浸漬在 20 ppm氯水中，1 小時後再用 20 ppm 氯水冲洗

Dipped in 20 ppm chlorine solution for 1 hr. and then washed with 20 ppm chlorine solution.

較熱水殺菁爲大。殺菁後酸損失的情形則以熱水殺菁較爲顯著，其酸度（酸含量）較小，這可能跟熱水殺菁葉綠素被破壞的情形較少的原因有關。這些經過不同殺菁的綠蘆筍經凍藏一個月後發覺不同的殺菁方法對酒精不溶性物質及截剪壓力的變化沒有影響，維他命丙及葉綠素的含量以熱水殺菁較蒸汽殺菁者爲高。又與熱水殺菁相較蒸汽殺菁者酸度較高，減少的較多，pH 值降低較小，而此變化隨殺菁溫度及時間之增加而愈趨顯著，這也許就是蒸汽殺菁的冷凍綠蘆筍葉綠素含量之所以較低的原因。以上這些化學成份的變化對冷凍綠蘆筍品質之影響並不大，限制品質因素的主要爲異味的發生以及成品顏色的暗黑狀化及綠蘆筍鱗片及筍尖的黃色化，此三者爲判定冷凍綠蘆筍殺菁適當與否的最佳方法。從官能的評品結果可知 77°C、5分及9分的殺菁條件在－20°C 凍藏一個月後已經發生很强的異味，筍尖及鱗片均發生黃變，已不堪食用，6個月後異味更重，除了黃變以外，整支蘆筍由筍頭開始呈暗黑狀化。87°C、3分及97°C、1分的殺菁條件其成品在－20°C凍藏一個月後雖然品質尙佳，但凍藏6個月後，同樣的有上述不良的現象發生，不適於食用。87°C、5分的殺菁條件經凍藏6個月後其風味及顏色不如97°C、3分鐘以上的蒸汽殺菁爲佳。從以上的實驗結果可知 Peroxidase 陰性爲冷凍綠蘆筍殺菁時必守的條件，而以97°C、3分鐘以上的蒸汽及熱水殺菁所得的品質最佳。其中以熱水殺菁較優於蒸汽殺菁因其保有較高的顏色評分，維他命丙量及較少的重量損失。

(4)不同包裝方法對冷凍綠蘆筍品質之影響：

包裝對冷凍食品的重要性 Tressler et al (1968) 曾有非常詳細的論述，凍結食品在凍藏中由於冷却管的溫度較室內周圍冷空氣的溫度較低的關係，空氣中的水份將在冷却管結霜而降低空氣中的相對濕度，此時如果凍結食品的包裝不良或包裝材料的氣密度不佳，防水性不良時，食品中的水份將昇華到空氣中而造成表面脫水及失重等的不良影響。不良的包裝不但會使凍結品造成脫水、失重等不良現象，同時亦會伴着產生氧化及變色等不良影響。目前台灣的冷凍食品工業尙屬開始階段，對於適合於冷凍食品包裝用的材料很難找到，而且包裝材料本身的性質亦都有欠明瞭，爲了要了解包裝材料對冷凍綠蘆筍品質的影響，特選用台灣最常用於冷凍食品包裝的聚乙烯袋及保麗袋，按照台灣目前一般冷凍工廠的包裝方式，將冷凍綠蘆筍置於包裝材料內經熱封後，再以一定單位裝入外銷用硬紙箱中外用膠紙密封後凍藏於－20°C，其結果如表4所示。

由表4可知兩種不同包裝方法綠蘆筍在－20°C 凍藏1個月及6個月後重量都沒有減少的現象發生，水份及截剪壓力雖有些變化，但並不顯著係屬於實驗誤差範圍之內。酒精不溶物在凍藏6個月後有略見增加之趨勢，可能跟凍藏中綠蘆筍之粗化（Toughness）有關，維他命丙及葉綠素在凍藏中漸趨減少，其減少情形隨凍藏時間之增加而增大。這些不同的包裝冷凍綠蘆筍在－20°C凍藏1個月後及6個月後顏色、組織及風味均佳，唯風味有隨凍藏時間之增加而漸消失的現象發生。雖爲一般冷凍品固有的現象，應想辦法盡量抑制之。

(5)不同凍結方法對冷凍綠蘆筍品質之影響：

現今在商業上採用的凍結方法其凍結溫度及速度各自不同，因此其對冷凍品品質之影響亦各自而異，當然，凍結溫度愈低，所得成品品質愈佳，自不待言，但凍結速度對冷凍食品的影響方面的研究似乎尙嫌不夠，根據 Menz and Luyet (1961) 的報告，利用－150°C 的超速凍結在纖維內所形成的是無數而小的冰結晶，其大小介於 200 與 2300 Å 之間，利用－50°C 到－100°C 的溫度範圍來快速凍結時，在纖維內部所形成的是無數的冰結晶核，而冰結晶在此核中成長可達數個 μ。當凍結速度是介於 15 分到 2 小時之間的緩慢凍結時冰結晶將在纖維之間形成，而其大小可達 2 到 150 μ (Luyet 1962)。這些不同大小的冰結晶及冰晶形成的位置對冷凍品品質有着很大的影響，超快速或快速凍結是在纖維內部形成無數細小的冰結晶，但緩慢凍結時形成的是較少數而大的冰結晶，而所冰結晶並非在纖維之內而是在纖維之間形成，食品在所凍結狀態之下，遇外圍環境變化時，將造成脫水，纖維萎縮，細胞壁分離，組織破壞等現象而造成不良影響（Woodroof 1938）。Joslyn and Marsh 早在 1932 年時卽廣泛的作過凍結速度對凍結食品的影響，結果發現蘆筍受凍結速度的影響最大，快速凍結顯著的可以維持蘆筍良好的組織，Lee and Jo-

表3 殺菁對綠蘆筍及其冷凍品品質之影響

Table 3. Effect of blanching conditions on quality of frozen green asparagus.

		生原料 Raw Material	熱水殺菁 Water blanching 77°C 5分 5Min.	77°C 9分 9Min.	87°C 3分 3Min.	87°C 5分 5Min.	97°C 1分 1Min.	97°C 3分 3Min.	蒸汽殺菁 Steam blanching 77°C 5分 5Min.	77°C 9分 9Min.	87°C 3分 3Min.	87°C 5分 5Min.	97°C 1分 1Min.	97°C 3分 3Min.	97°C 5分 5Min.
殺菁後 After blanching	過氧化酵素活性 Peroxidase activity	++++	+++	++	++	-	+	-	++++	+++	++	-	+	-	-
	酒精不溶物（%） AIS (%)	3.99	3.98	3.87	4.01	3.98	4.23	4.09	4.06	3.98	4.02	3.98	4.13	4.09	4.02
	維他命丙 (mg/100g) Vitamin C (mg/100g)	39.8	30.9	30.3	35.9	32.7	31.5	30.5	35.6	34.8	32.1	26.7	33.5	29.2	26.7
	葉綠素（ppm） Chlorophyll (ppm)	170	161	150	153	150	146	146	141	139	138	137	140	136	135
	截剪壓力（lb/g） Shear force (lb/g)	1.75	2.10	1.50	1.74	1.59	1.69	1.68	1.48	1.62	2.01	1.90	1.86	1.74	1.82
	重量損失（%） Loss in weight (%)	0	0.4	0.4	0.4	0.6	0.2	0.4	0.4	2.2	1.2	2.2	0.6	3.2	3.2
	酸度（以檸檬酸計算%） Acidity (% as citric acid)	0.227	0.156	0.145	0.138	0.145	0.147	0.142	0.208	0.218	0.175	0.223	0.189	0.166	0.167
在－20°C 凍藏1個月 Stored at -20°C for a month	水份（%） Moisture (%)	90.4	91.0	90.4	90.8	89.9	91.2	91.2	91.7	91.0	90.9	91.3	91.7	91.7	92.3
	酒精不溶物（%） AIS (%)	3.99	4.52	4.08	4.72	4.12	4.20	4.32	4.20	4.40	4.56	4.56	4.20	4.08	3.80
	維他命丙 (mg/100g) Vitamin C (mg/100g)	39.8	29.0	28.1	26.7	23.0	28.1	29.0	11.9	13.0	20.5	14.4	24.2	16.7	14.4
	葉綠素（ppm） Chlorophyll (ppm)	170	152	148	146	143	140	139	134	133	133	132	133	133	133
	截剪壓力（lb/g） Shear force (lb/g)	1.75	2.15	1.78	2.40	2.08	2.25	1.83	2.20	2.20	1.65	2.20	1.68	1.75	1.40
	pH 值 pH	6.10	6.20	6.07	6.45	6.13	6.02	5.95	6.02	6.13	5.89	5.95	5.95	5.86	5.84
	酸度（以檸檬酸計算%） Acidity (as citric acid %)	0.227	0.148	0.177	0.146	0.173	0.165	0.159	0.231	0.216	0.191	0.191	0.189	0.187	0.080
	評品點數 Organoleptic rating 顏色 Color	—	5	5	7	8	8	8	4	6	6.5	7	7	7	7
	組織 Texture	—	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	風味 Flavor	—	3	4	7	8	6	8	2	3	6	7	5	8	8
Stored at -20°C for 6 month	評品點數 Organoleptic rating 顏色 Color	—	4		4	6.5		6.5	4	4	4	5	4	6	6
	組織 Texture	—	6	6	6	6		6	6	6	6	6	6	6	6
	風味 Flavor	—	2		4	5		6	1	2	3	5	3	6	6

表4　不同包裝對冷凍綠蘆筍品質之影響

Table 4. Effect of packaging on quality of frozen green asparagus

	生原料 Raw	冷凍品（在−20°C凍藏月數） Frozen (months stored at −20°C) 1個月 (one month) PCC	1個月 (one month) PEC	6個月 (6 months) PCC	6個月 (6 months) PEC
水分（%） Moisture (%)	92.4	91.9	92.1	92.1	91.9
酒精不溶物（%） AIS (%)	3.98	4.00	4.00	4.32	4.32
維他命丙（mg/100g） Vitamin C (mg/100g)	31.9	31.5	28.0	20.5	19.2
葉綠素（ppm） Chlorophyll (ppm)	152	137	135	126	126
截剪壓力（lb/g） Shear force (lb/g)	1.74	1.78	1.75	1.80	1.76
重量變化（%） Weight change (%)	±0	±0	±0	±0	±0
評品點數 Organoleptic rating: 顏色 Color	—	8	8	7	7
評品點數 Organoleptic rating: 組織 Texture	—	8	8	7	7
評品點數 Organoleptic rating: 風味 Flavor	—	8	8	6	6

備註：PEC：封入 0.06 毫米厚聚乙烯袋，再封裝於硬紙箱。
Sealed in 0.06 mm thick polyethylene bags and packed in carton box.
PCC：封入 0.06 毫米厚保麗袋，再封裝於硬紙箱
Sealed in 0.06 mm thick polycello bags and packed in carton box.

hannessen（1951）亦指出利用液態一氧化二氮（Nitrous oxide）凍結的綠蘆筍其組織遠較商業上的凍結方法所得者爲佳。台灣現有冷凍工廠的設備有送風式及半送風式凍結裝置（Air Blast and Semi Air Blast Freezer），水平接觸式凍結裝置（Horizontal Contact Plate Freezer）及少數工廠有個別快速凍結裝置（IQF Freezer），尚沒有超低溫凍結裝置，如液態氮冷凍工廠的設立。爲了要了解這些不同凍結方法對冷凍綠蘆筍品質的影響，特選擇台灣現有的冷凍方法加上液態氮凍結，作爲比較，其結果如表 5，圖 1 及圖 2 所示。圖 1 所表示的是綠蘆筍利用三種不同凍結方法凍結時所測得的冷凍曲線圖。

由圖 1 可知綠蘆筍利用個別快速法凍結時通過最大結冰帶（0 到 −5°C 的時間最短，溫度中心點到達 −20°C 及 −35°C 的時間亦最短，各約需 12 分或 18 分左右。送風式凍結法通過最大結冰帶的時間較長，溫度中心點到達 −20°C 及 −35°C 的時間亦較長，各約需 16 分或 20 分左右。接觸式凍結法的凍結速度最慢，通過最大結冰帶的時間約需 80 分鐘，而需要 90 分或 110 分鐘以上其溫度中心點才能達到 −20°C 或 −35°C，這係由於包裝材料的熱阻抗及內容物間熱傳效果的影響所致。又在圖中沒有例示的是利用液態氮浸漬凍綠蘆筍時在 30—60 秒內即可完成凍結，但因爲凍結速度太快的關係，凍結成品常有龜裂的現象發生，但這可調整浸漬的速度以克服之。這些不同凍結速度對冷凍綠蘆筍品質之影響如表 5 及圖 2 所示。

表 5 所表示的是利用液態氮浸漬式凍結法，個別快速凍結法，送風式凍結法，接觸式凍結法凍結時成

(1951) 亦指出利用液態一氧化二氮（Nitrous oxide）凍結的綠蘆筍其組織遠較商業上的凍結方法

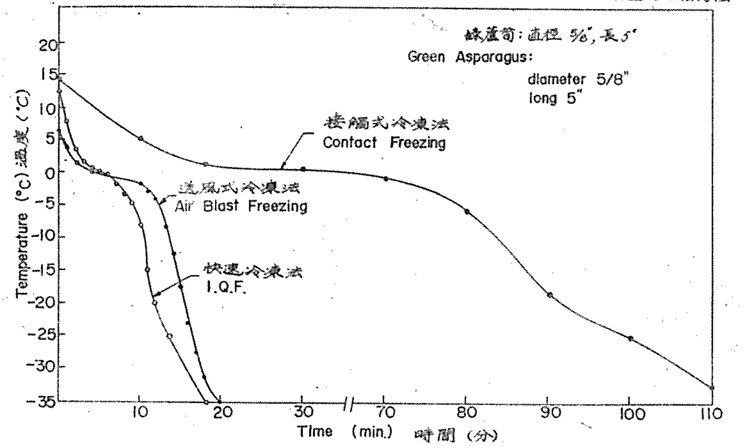


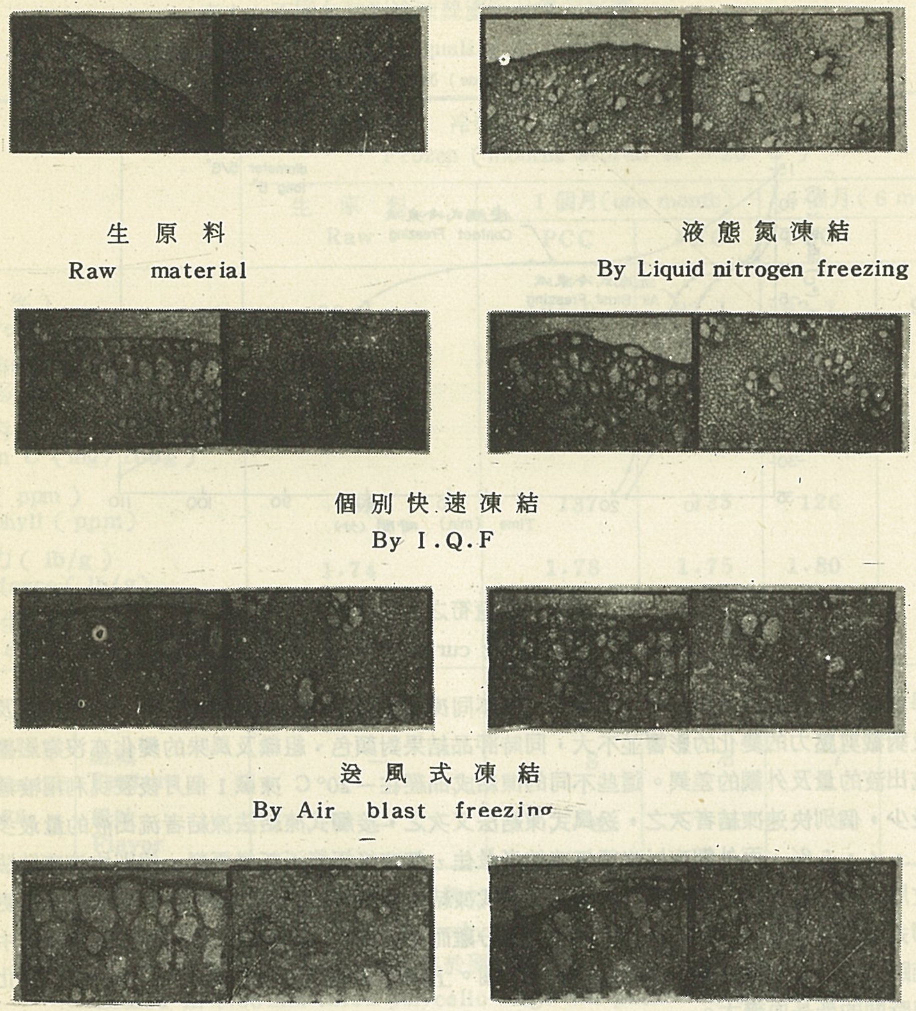
圖 1　綠蘆筍之冷凍曲線圖

Fig. 1　Freezing curves of frozen green asparagus.

品的化學成份差異及評品結果。由表 5 可知四種不同凍結方法對成品的酒精不溶物，維他命丙及葉綠素的含量以及對截剪壓力的變化的影響並不大，同時評品結果對顏色、組織及風味的變化亦沒有影響，影響最大的爲流出液的量及外觀的差異。這些不同的凍結成品經在 −20°C 凍藏 1 個月後發現利用液態氮凍結者流出液最少，個別快速凍結者次之，送風式凍結法又次之，接觸式凍結法凍結者流出液的量最多，依次各爲 2，3，4，5%，而外觀亦以液態氮凍結者最佳，解凍後極接近新鮮原料，個別快速凍結法次之，解凍後表皮層略與中柱分離，送風式凍結法及接觸式凍結法所得的樣品表皮層與中柱分離的情形更爲嚴重，尤以接觸式凍結法爲然，解凍後表皮與中柱極易分離而呈皺紋狀。這種流出液的量及表皮層與中柱分離的情形可能跟後述的細胞構造遭受到破壞的程度有關。上述的這些流出液的量，外觀的變化以及化學成份等均因凍藏時間的延長而變大。

圖 2（A）所表示的是未經任何處理的生鮮綠蘆筍及殺菁後（97°C、3 分蒸汽殺菁），利用個別快速凍結法，送風式凍結法及接觸式凍結後馬上切片觀測其細胞組織的切片圖，圖 2（B）所示的則是上述三種不同凍結法加上液態氮凍結法作爲比較，將凍結後之綠蘆筍凍藏於 −20°C 1 個月後切片所得的組織切片圖。

從圖 2 可知未經任何處理的生鮮蘆筍，經冷凍切片後表皮層（epidermis，chlorenchyma，ring of sclerenchymatous tissue）以及中柱內的細胞的網狀構造非常完整，但經過殺菁後的樣品不管用那四種方法凍結後，表皮層之間的構造已無法明顯區分，遭受到嚴重的破壞，此可推測係受殺菁及冷凍的影響。再就凍結後的切片圖來看（圖 2 A），個別快速及送風式凍結法的凍結品其中柱內部（圖 2 A 右）的網狀構造雖尚非常完整，但接近表皮層附近的細胞構造（圖 2 A 左）則已遭受到部份破壞，而利用接觸式凍結法所凍結者，接近表皮層部位的網狀構造大部份遭受到破壞，中柱內層的網狀構造亦略有受破壞跡象，這可能係受凍結速度的影響所致。因爲從圖 1 中可知個別快速及送風式凍結法通過最大結冰帶的時間只需 10 或 13 分鐘左右，但接觸式凍結法則需 80 分鐘以上，而上述的細胞的網狀構造遭受破壞的程度正好與此凍結速度成明顯的對比，故可推測接觸式凍結法細胞構造之所以遭受較嚴重的破壞的原因可能係由於受到緩慢凍結所形成的大的冰結晶的擠壓所致。再就凍藏於 −20°C 一個月的四種不同凍結方法所得的細胞切片圖來看（圖 2 B），利用液態氮凍結者中柱內層的細胞構造與新鮮蘆筍相同，保持完整狀態，表皮層雖已



（A）
凍結後樣品
Section from green asparagus right after freezing

（B）
在－20°C凍藏一個月後樣品
Sections from green asparagus stored at －20°C for 1 month

圖 2　不同凍結方法之冷凍綠蘆筍的冷凍組織切片圖。倍率：32
Fig. 2 Photomicrographs of green asparagus sections by various freezing methods. Magnification : 32

表 5　不同凍結方法對冷凍綠蘆筍品質之影響
Table 5. Effect of different freezing methods on quality of frozen green asparagus.

	生原料 Raw material	冷凍品（在－20°C凍藏月數） Frozen (months stored at -20°C)						
		1 個 月 1 month				6個月 6 month		
		LNF	IQF	AF	CF	IQF	AF	CF
Moisture（%）	91.9	92.1	92.4	91.7	92.4	92.4	92.7	92.3
酒精不溶物（%） AIS（%）	3.79	3.76	3.92	4.08	3.88	3.84	3.88	4.16
維他命丙（mg/100g） Vitamin C(mg/100g)	29.0	23.3	25.5	24.2	23.0	15.5	10.5	8.1
葉綠素（ppm） Chlorophyll（ppm）	118	133	140	133	142	127	127	111
截剪壓力（lb/g） Shear force（lb/g）	1.26	1.63	1.33	1.40	0.95	1.40	1.63	1.25
流出液（%） Drip（%）	0	2	3	4	5	3	4	8
評味點數 顏色 Color	—	8	8	8	8	6	6	6
評味點數 組織 Texture	—	8	8	8	7	6	6	5
評味點數 風味 Flavor	—	8	8	8	8	6	6	6
評味點數 外觀 Appearance	—	9	8	7	6	6	5	5

備註：LNF: 液態氮浸漬凍結法 Liquid nitrogen immersion freezing
AF：送風式凍結法（－35°C） Air blast freezing（－35°C）
IQF: 個別快速凍結法（－35°C） Individual quick freezing（－35°C）
CF：接觸式凍結法（－35°C） Contact plate freezing（－35°C）

遭受破壞，但接近該部位的細胞尚稱完整，利用個別快速凍結者中柱內層細胞尚非常完整，不因凍藏時間而發生改變。但中柱外圍接近表皮層的網狀構造略有變動，這些變化在送風式及接觸式凍結法的凍結樣品更形明顯，中柱內層及外圍的網狀構造均因凍藏在－20°C一個月後而遭受到更多的破壞，這可能係受凍藏冰晶成長的擠壓所致。這四種不同凍結方法作一詳細的比較時，凍結速度是液態氮凍結法＞個別快速凍結法＞送風式凍結法＞接觸式凍結法，切片圖中的中柱內層及外圍的細胞網狀構造的完整性也是液態氮凍結法＞個別快速凍結法＞送風式凍結法＞接觸式凍結法，解凍後流出液較少的程度也是液態氮凍結法＞個別快速凍結法＞送風式凍結法＞接觸式凍結法，經品評結果，組織外觀亦以液態氮凍結者最優，接觸式凍結者最佳。故從上面的實驗結果可知就品質的觀點來看液態氮凍結者優於個別快速凍結者，個別快速凍結者又優於送風式凍結者，而以接觸式凍結者所得的成品品質最差。

結　論

綜合本實驗所得結果，可得結論如下：

1. 在凍藏中冷凍品的維他命丙減少，酒精不溶物稍有增加，但其維他命丙的變化與冷凍品的感官品質無關，酒精不溶物的變化與成品組織間的關係亦不顯著。

2.冷凍綠蘆筍的截切壓力值與成品組織評分有極顯著的負相關存在(r=－0.867)有希望當作判定成品組織粗嫩度之參考。

3.葉綠素在凍藏中漸次減少，其變化直接反映出成品的外觀顏色。

4.冷凍品的水份，維他命含量，酒精不溶性同形物，葉綠素含量及截壓值等重要品質有關因素，均與原料之該等因素有關。

5.利用氯水洗滌可使原料蘆筍的總生菌數 Coliform 及 E. Coli 等的含量降低。

6.過氧化酵素(peroxidase)陰性化爲冷凍綠蘆筍殺菁時必守之條件，過氧化酵素陽性的殺菁條件，在凍藏中綠蘆筍有產生臭味及變色的現象發生。87°C、5分或97°C、3分以上的熱水及蒸汽殺菁可使過氧化酵素不活性化，而其成品在－20°C凍藏6個月後尙維持良好的品質，其中以97°C、3分以上的熱水殺菁所得的品質最佳，97°C、3分之殺菁，以熱水之重量損失0.4%但以蒸汽殺菁時達3.2%。

7.台灣現有最常用於冷凍食品包裝的聚乙烯袋及保麗袋，尙適合於冷凍綠蘆筍的包裝之用，成品經用該二種材料包裝，外用硬紙箱密封，凍藏於－20°C 6個月後沒有失重及脫水的現象發生。

8.在四種不同的凍結方法試驗中，就品質而言，以利用液態氮凍結者最佳，個別快速凍結法次之，再其次爲送風式凍結法，而以接觸式凍結法所得的品質最差，貯藏6個月後之流出液量IQF達3%，AF 4%，CF 8%。

參考文獻

1. Haynes, R., and Mundt, J. O. 1948. These chlorine sprays improve processed green beans. Food Industries 20, 977-981.
2. Joslyn, M. A. 1966. The freezing of fruits and vegetables. In Cryobiology, H. T. Meryman (Editor). Academic Press, London and New York.
3. Kramer, A., Haut, I. C., and Scott, L. E. 1949. Objective methods for measuring quality factors of raw, canned, and frozen asparagus. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 53, 411-429.
4. Kramer, A., Wiley, R. C., and Twigg, B. A. 1960. The measurement of fibrousness of asparagus. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 76, 382-388.
5. Kramer, A. 1954. Mandatory standards program on quality factors for frozen asparagus and peas ---- An industry approch, III. Evaluation of results. Food Technol. 18, 468-470.
6. Lee, F. A. 1943. Determination of toughness of frozen asparagus. Food Res. 8, 249-253.
7. Lee, F., and Johannessen, G. 1951. An objective method for measuring the effect of freezing rate on asparagus. Food Technol. 5, 263-264.
8. Lee, F. A. 1958. The blanching process. In Advance in Food Research, 8, 63-109, Academic Press, New York.
9. Luyet, B. J. 1962. Effect of freezing rates on the structure of freeze-dried materials and on mechanism of rehydration. In Freeze-Drying of Foods, Nat. Acad. Sci., Res. Council 194-211.
10. Menz, L. J. and Luyet, B. J. 1961. An electron microscope study of the distribution of ice in single muscle fibers frozen rapidly. Biodynamica. 8, 261-294.
11. Moyer, J. C., Robinson, W. B., Stolz, E. H., and Kertez, Z. I. 1952. Effect of blanching and subsequent holding on some chemical activities in peas, snap beans, and lima beans. N. Y. Slage Agr. Expt. Sta. Bull. 754.
12. Mundt, J. O., and McCarty., I. E. 1960. Factors affecting the blanching of green beans. Food Technol. 14, 309-311.
13. Purr, A. 1966. Effects of processing techniques on enzyme activity with regard to desirable and undesirable changes in foods during storage. Ernaehrungsforschung. 11, 17-44.
14. Schmitt, H. P. 1954. Mandatory standards program on quality factors for frozen asparagus and peas ---- An industry approch. I. Purpose and organization of program. Food Technol. 18, 462-465.
15. Scott, L. E., and Kramer, A. 1949. Physiological changes in asparagus after harvest. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 54, 357-366.
16. Sistrunk, W. A., and Cain, R. F. 1960. Chemical and physical changes in green beans during preparation and processing. Food Technol. 14, 357-362.
17. Tressler, D. K., Van Arsdel, W. B., and Copley, M. J. 1968. Vegetables: Characteristics and stability of the frozen product. In The Freezing Presevation of Foods. 2, 83-106. Avi Publishing Co., Westprot, Conn.
18. Tressler, D. K., Van Arsdel, W. B., and Copley, M. J. 1968. Packaging materials and packaging of frozen foods. In The Freezing Preservation of Foods. 2, 260-288. Avi Publishing Co., Westprot, Conn.
19. Van Buren, J. P., Moyer, J. C., and Robinson, W. B. 1960. Chlorophyll losses in blanched snap beans. Food Technol. 18, (8), 1204～1206.
20. Werner, G., and Meschter, E. E. 1963. Use of the shear press in determining fibrousness of raw and canned green asparagus. Food Technol. 17, 81-86.
21. Wilder, C. J., and Samuels, C. E. 1954. Mandatory standards program on quality factors for frozen asparagus and peas — An industory approch. II. Selection of official analytical procedures. Food Technol. 18, 465-468.
22. Wiley, R. C., Elehwany, N., and Kramer, A. 1956. The shear press --- An instrument for measuring the quality of foods. IV. Application to asparagus. Food Technol. 439-443.
23. Woldord, E. R., King, A. D., Jr., and Michener, H. D. 1965. Variation in bacterial count in commercial corn freezing. J. Milk Food Technol. 28, 183-187.
24. Woodroof, J. G. 1938. Microscopic studies of frozen fruits and vegetables. Georgia Expt. Sta. Bull. 201.
25. Woodroff, J. G.. Heaton, E. K., and Ellis, C. 1962. Freezing green snap beans. Georgia Agr. Expt, Sta. Bull. N. S. 90.
26. Zoueil, M. E., and Esselen, W. B. 1959. Thermal destruction rates and regeneration of peroxidase in green beans and turnips. Food Research. 24, 119-133.

Summary

This work was undertaken in order to investigate the effect of post-harvest handling, processing conditions, and frozen storage on the quality of frozen green asparagus. Green asparagus U. C. 309 variety that was grown in the southern part of Taiwan was used for these studies. Experimental results showed that frozen asparagus stored at -20°C up to 6 months slightly decreased in vitamin C content, and significantly

increased in alcohol insoluble solid (AIS) content, but these changes in vitamin C and AIS content were not associated with the flavor, texture, or any other characteristics of frozen products. Chlorophyll content of frozen product decreased with increase in frozen storage time, and was closely correlated with color as judged by Panel test, also, was directly reflected by the post-harvest handling conditions. i. e., raw asparagus that was stored at room temperature (25-30°C) for a period longer than 20 hr. or at 2°C in excess of 36 hr. were lighter in color, green asparagus harvested in the afternoon resulted in a frozen product which was much better in color than samples harvested in the morning of the same day. The correlation coefficient between shear press value and texture as judged by test panel of frozen green asparagus was as high as 0.866 (n=21), therefore, it may be used as a criteria for toughness of frozen asparagus. Experiment on post-harvest handling showed that the texture of frozen product was greatly influenced by post-harvest conditions to the point that it became the limiting factor in determining its suitability for consumption. Under the post-harvest handling conditions of this experiment it was found that raw asparagus stored at room temperature for longer than 20 hr. or at 2°C for longer than 36 hr. or held at room temperature for longer than 8 hr. then stored at 2°C for longer than 16 hr. were not suitable for freezing, due to increase in toughness. Results from experiment on precooling of green asparagus right after harvesing indicated that precooling can prolong the storage life of the raw material. Raw asparagus that had been dipped into iced water or tap water for 1 hr. then stored at 2°C for 48 hr. were still suitable for freezing, and the frozen products from these samples maintained a good quality even after 6 months storage at -20°C. Data on the effect of washing on the reduction of microbial load showed that 5 and 20 ppm chlorinated water may reduce the total microbial, (Coliform, and E. coli) contents of raw asparagus. Large spear asparagus blanched with steam or with water at 77°C for 5, and 9 minutes, or at 87°C for 3 minutes, and at 97°C for 1 minute were still active in peroxidase, and were not suitable for frozen product, due to formation of off flavor and undesirable color change during frozen storage. The peroxidase enzyme in green asparagus was inactivated by steam or water blanching at 87°C for 5 minutes, and at 97°C for 3 minutes. Also, experimental data showed that blanching at 97°C for 3 minutes resulted in a better quality products than blanching at 87°C for 5 minutes, and water blanching resulted in a better quality product than steam blanching at the same temperature due to higher chlorophyll retention. Packaging test on frozen green asparagus revealed that frozen asparagus that had been packed in 0.06 mm thick polyethylene or 0.06 mm thick polycello bags and in master carton then stored at 20°C over 6 month period resulted in neither weight loss nor dessication. Therefore, it was concluded that both polyethylene and polycello bags made in Taiwan were suitable for packaging of frozen green asparagus. The data from experiments of four different freezing methods showed that green asparagus frozen by liquid nitrogen resulted in a better quality product, it had good appearance and texture, less drip loss and cell rupture than the conventional freezing methods. However, it was rather brittle and easy to break during subsequent packaging and handling. Samples frozen by IQF were better in quality than samples frozen by air blast, or by contact plate freezing. Among these methods freezing by contact plate resulted in a rather inferior product compared to those products by other methods used in this experiment.